"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

ارزیابی نقش صفات مورفولوژیک سویا (*Glycine max* L.) در عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

Evaluation of the role of morphological traits in seed yield of soybean (*Glycine max* L.) using multivariate statistical methods

مهدی عارف‌راد[1]، نادعلی بابائیان جلودار[2]، قربانعلی نعمت‌زاده[3] و علی دهستانی[4]

چکیده

عارف‌راد، م.، ن. بابائیان جلودار، ق. نعمت‌زاده و ع. دهستانی. ۱۴۰۲. ارزیابی نقش صفات مورفولوژیک سویا (*Glycine max* L.) در عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۱): ۱۳۶ -۱۱۹.**

به‌منظور تعیین بهترین شاخص انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد دانه در سویا، برخی از مهم‌ترین صفات مورفولوژیک در ۱۰ رقم سویا در دو سال (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب طرح بلوک های تصادفی با سه تکرار و با استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بجز برای صفات رویشی، برای صفات زایشی معنی‌دار بود. بین ارقام سویا برای صفات مورفولوژیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که نشان دهنده تنوع قابل ملاحظه در ارقام سویا می‌باشد. رقم تلار با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین وزن غلاف، بیشترین عملکرد را در سال اول (۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین وزن غلاف و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم داشت (به‌ترتیب ۵۲۰۰ و ۷۶۸۸ کیلوگرم در هکتار). نتایج تجزیه‌های چند متغیره نشان داد که وزن غلاف و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد غلاف‌ها با اثر مستقیم بر وزن غلاف و همچنین وزن ۱۰۰ دانه با اثر مستقیم بر ارتفاع بوته آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه در سویا دارند. در مقابل تعداد غلاف‌ها ارتباط معکوسی با وزن دانه داشتند. نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ارقام تلار و پرتو از نظر پاکوتاهی و تعداد بالای غلاف‌ها، رقم کتول از نظر پابلندی و وزن بالای دانه‌ها و رقم تپور از نظر تعداد بالای دانه در غلاف از سایر ارقام برتر بودند. با توجه به اثر مثبت وزن غلاف، ارتفاع بوته، تعداد غلاف‌ها و وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه، ارقام پرتو و تلار با بیشترین تعداد غلاف و کتول با بیشترین ارتفاع بوته و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی سویا جهت افزایش عملکرد دانه مورد استفاده قرار داده شوند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تجزیه مسیر ترتیبی، رگرسیون گام به گام، سویا و وزن ۱۰۰ دانه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانش آموخته دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناورری کشاورزی تبرستان، ساری، ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: Mehdiarefrad@yahoo.com)
۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی تبرستان، ساری، ایران
۴- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی تبرستان، ساری، ایران

Evaluation of the role of morphological traits in seed yield of soybean (*Glycine max* L.) using multivariate statistical methods

Arefrad, M. [1], N. Babaian Jelodar[2], Gh. Nematzadeh[3], and A. Dehestani[4]

ABSTRACT

Arefrad, M., N. Babaian Jelodar, Gh. Nematzadeh, and A. Dehestani. 2023. Evaluation of the role of morphological traits in seed yield of soybean (*Glycine max* L.) using multivariate statistical methods. **Iranian Journal of Crop Sciences. 25(1): 119-136. (In Persian).**

Introduction: Soybean seed contains about 20% oil and 40% protein and is considered as a strategic oilseed plant. Identification of the relationship between morphological traits and seed yield and improving the traits that have strong associtation with seed yield can increase the efficiency of the soybean breeding programs for seed yield improvement.

Materials and Methods: To determine the suitable indirect selection index for seed yield in soybean, the important morphological traits were evaluated in 10 soybean cultivars in randomized complete block design with three replications and multivariate statistical methods in research farm of Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, in two growing seasons (2020 and 2021).

Results: The results showed that there was significant differences between soybean cultivars for the morphological traits which indicates considerable variation among Iranian soybean cultivars. The results also showed that cv. Telar with the highest number of branches, number of pods plant^{-1}, number of seeds pod^{-1} and pods weight plant^{-1} had the highest seed yield (5400 kg.ha^{-1}) in the 2020 and cv. Katol with the tallest plant height, the highest number of branches, pods weight plant^{-1} and the 100-seed weight had the highest seed yield in 2020 and 2021 (5200 and 7688 kg.ha^{-1}, respectively). The results of multivariate analysis showed that among the studied traits, pods weight plant^{-1} and plant height directly, the number of pods plant^{-1} with a direct effect on the pods weight plant^{-1} and also the 100 seed weight with a direct effect on plant height had highly positive effects on seed yield in soybean. Furthermore, the number of pods plant^{-1} showed negative relationship with 100 seed weight. Moreover, the results of cluster analysis showed that cv. Telar and cv. Parto were distinguished from other cultivars for short plant height and high number of pods plant^{-1}, cv. Katol for tall plant height and high 100-seed weight and cv. Tapur for high number of seeds pod^{-1}.

Conclusion: Since pods weight plant^{-1}, plant height, number of pods plant^{-1} and 100 seed weight showed high positive direct effects on seed yield, therefore, cv. Prato and cv. Telar with the highest number of pods plant^{-1} and cv. Katol with the tallest plant height and the highest 100 seed weight can be considered for seed yield improvement in soybean breeding programs.

Key words: 100 seed weight, Sequential path analysis, Soybean, Stepwise regression and Yield components

Received: April, 2023 **Accepted: September, 2023**

1. PhD Graduate, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Mazandaran, Iran (Corresponding author) (Email: Mehdiarefrad@yahoo.com)
2. Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Mazandaran, Iran
3. Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari, Mazandaran, Iran
4. Assistant Prof., Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari, Mazandaran, Iran

مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، سویا با دارا بودن ۴۰ درصد پروتئین و ۲۰ درصد روغن، به عنوان یک گیاه راهبردی در تولید روغن و پروتئین محسوب می‌شود. سویا رتبه اول را در تولید روغن در جهان را دارد و به‌علاوه پروتئین دانه آن با سایر منابع پروتئینی جانوری مانند گوشت، فراورده‌های لبنی و تخم مرغ قابل رقابت است. از نظر تولید دانه نیز، سویا پس از ذرت و گندم در مقام سوم جهانی قرار دارد (Aondover *et al.*, 2013). برزیل با تولید ۱۵۲ میلیون تن، ایالات متحده آمریکا با ۱۱۸ میلیون تن و آرژانتین با ۴۹ میلیون تن به ترتیب رتبه اول تا سوم تولید سویا را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2022). سطح زیر کشت سویا در ایران حدود ۲۶ هزار هکتار است. استان‌های گلستان، مازندران و اردبیل مهم‌ترین استان‌های تولید کننده سویا در ایران به شمار می‌روند (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰). تولید سالانه سویا در ایران ۵۳ هزار تن (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰) و دارای رتبه ۳۴ در جهان است (FAO, 2022).

باتوجه به نیاز بالای کشور به دانه‌های روغنی به‌خصوص دانه سویا، اصلاح ارقام با پتانسیل ژنتیکی بالا و سازگاری مناسب برای هر منطقه ضروری محسوب می‌شود. عملکرد دانه یک صفت کمی است که تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار می‌گیرد، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد ممکن است بازدهی بالایی نداشته باشد (Boelt and Gislum, 2010). شناسایی نحوه ارتباط صفات مورفولوژیک با عملکرد دانه و اصلاح برای صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشته و از وراثت پذیری بالایی نیز برخوردار باشند، می‌توانند کارایی برنامه‌های به‌نژادی را برای بهبود عملکرد افزایش دهد (Mahbub and Shirazy, 2016; Sulistyo and Sari 2018).

تجزیه رگرسیون یکی از روش‌های مهم در توصیف روابط علت و معلولی بین صفات مختلف گیاهی است. اگرچه تجزیه رگرسیون ساده خطی در تعیین اندازه و جهت ارتباط بین صفات، روشی ساده و مفید محسوب می‌شود، اما به دلیل آثار غیرمستقیم سایر صفات، این نتایج ممکن است گمراه کننده باشند. تجزیه مسیر با تفکیک این همبستگی‌ها به آثار مستقیم و غیرمستقیم، درک بهتری از روابط بین صفات مستقل با متغیر وابسته را نشان خواهد داد (Karyawati and Puspitaningrum, 2021).

تاکنون گزارشات متفاوتی در خصوص ارتباط صفات مورفولوژیک با عملکرد دانه در سویا گزارش شده است. اگرچه بسیاری از محققان تعداد غلاف‌ها را دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه در سویا گزارش کرده‌اند (Aondover *et al.*, 2013; Valencia-Ramirez and Ligarreto-Moreno, 2012)، اما برخی تعداد دانه (Karyawati and Puspitaningrum, 2021) و برخی دیگر وزن دانه را دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه سویا اعلام کرده‌اند (Jadeja *et al.*, 2016; Bisinotto *et al.*, 2017). در خصوص صفات رویشی نیز برخی از محققان ارتفاع بوته را دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه سویا گزارش کرده‌اند (Bizeti *et al.*, 2004; Sulistyo and Sari, 2018; Balla and Ibrahim, 2017)، درحالی که برخی دیگر این ارتباط را غیرمستقیم اعلام کرده‌اند (Karyawati and Puspitaningrum, 2021).

با توجه به اینکه نتایج متفاوتی در خصوص ارتباط بین صفات مختلف با عملکرد دانه در گیاه سویا ارائه شده است، هدف از این تحقیق ارزیابی ارتباط مهم‌ترین خصوصیات مورفولوژیک با عملکرد دانه در ارقام رایج زراعی سویای ایران با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره جهت بهترین شاخص انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد دانه بوده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق بذرهای ۱۰ رقم رایج سویای زراعی

از مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی تبرستان تهیه شد. ارقام قدیمی سویای ایران وارداتی هستند، اما در سال‌های اخیر چند رقم اصلاح شده معرفی و تجاری سازی شده‌اند. اسامی ارقام سویا، روش اصلاح، سال معرفی و تیپ رشدی آن‌ها در جدول یک ارائه شده است. بذرهای ارقام سویا در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری در دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول دو متر بود. فاصله بین ردیف‌ها نیم متر و فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. پس از رشد کامل بوته‌ها و پس از حذف اثر حاشیه، از ردیف‌های میانی هر کرت ۱۰ بوته بطور تصادفی برداشت و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف‌ها، وزن غلاف‌ها، وزن پوسته غلاف‌ها، تعداد دانه‌ها در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه بر حسب واحد سطح محاسبه شد. قبل از اجرای تجزیه‌های آماری ابتدا نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف ارزیابی شد (Dewey and Lu, 1959). آزمون یکنواختی واریانس خطای سال‌ها با استفاده از آزمون بارتلت ارزیابی شد. پس از تایید شدن یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب، مقایسه میانگین‌های صفات، تجزیه‌های چند متغیره و تجزیه خوشه‌ای انجام شدند. در تجزیه‌های چند متغیره از روش‌های رگرسیون گام به گام و تجزیه مسیر ترتیبی (Sequential path analysis) جهت بررسی صفات وابسته به عملکرد استفاده شد. در تجزیه رگرسیون گام به گام بعد از ورود متغیر جدید، متغیر قبلی نیز در مدل آزمون می‌شود، بنابراین متغیرهایی که نقش معنی‌دار بزرگتری را در توجیه تغییرات متغیر وابسته دارند در مدل باقی می‌مانند. در روش رگرسیون گام به گام بر خلاف سایر روش‌های چند متغیره، تعداد متغیرهای کمتر ولی مهم‌تری گزینش می‌شوند (Bizeti *et al.*, 2004). در روش تجزیه مسیر متداول، فرض بر این است که صفات پیش بینی کننده، مستقل از یکدیگر هستند، درحالی که ممکن است با یکدیگر مرتبط باشند. اگرچه با استفاده از آزمون X^2 می‌توان صفات مستقل را تفکیک کرد، اما این کار موجب از دست رفتن اطلاعات مربوط به صفات غیرمستقل خواهد شد. به علاوه در این روش تنها متغیرهای رتبه اول که در رگرسیون گام به گام معنی‌دار هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند، ولی در تجزیه مسیر ترتیبی صفاتی که در تجزیه مسیر رتبه اول حذف می‌شوند، مجددا در تجزیه مسیر رتبه دوم بررسی می‌شوند و این کار تا زمانی که روابط بین صفات به طور کامل مشخص شود، ادامه می‌یابد (Sedghi and Amanpour-Balaneji, 2010; Ascencio-Luciano *et al.*, 2013). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای InfoStat V. 2012 و SPSS V. 23 و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم افزار آماری SAS V.9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین سال‌های آزمایش به جز برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی، برای اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). این موضوع نشان می‌دهد که احتمالا صفات رویشی نسبت به صفات زایشی کمتر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (Moosavi *et al.*, 2011; Razmi *et al.*, 2013). به‌دلیل معنی‌دار شدن برهمکنش سال در رقم، کلیه تجزیه‌ها به تفکیک هر سال انجام شدند. بین ارقام سویا نیز از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نتایج تحقیقات پیشین نیز اختلاف معنی‌داری را برای صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های سویای داخلی نشان داده‌اند (Abedi *et al.*, 2019; Ghanbari *et al.*, 2019; Majidian *et al.*, 2019). این نتایج نشان دهنده تنوع قابل ملاحظه در ژنوتیپ‌های سویای داخلی می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات ارقام سویا

Table 1. Characteristics of the soybean cultivars

ردیف No.	لاین Line	Cultivar	رقم	Breeding method	روش به‌نژادی	Growth type	تیپ رشدی	گروه رسیدگی Maturity group	سال معرفی Year of release
1	....	Hill	هیل	Imported	وارداتی	Determinate	محدود	4	1961
2	Pershing	Sahar	سحر	Imported	وارداتی	Semi-determinate	نیمه‌محدود	5	1993
3	BP	Telar	تلار	Selection from Pershing	انتخاب لاین خالص از جمعیت پرشینگ	Determinate	محدود	5	2001
4	JK	Sari	ساری	Imported	وارداتی	Determinate	محدود	5	2001
5	032	Nekador	نکادر	BP×Hood (Gorgan-3)	تلاقی	Determinate	محدود	5	2010
6	DPX	Katol	کتول	Imported	وارداتی	Semi-determinate	نیمه‌محدود	5	2010
7	033	Caspian	کاسپین	BP×Hill	تلاقی	Determinate	محدود	5	2011
8	....	Arian	آرین	Imported	وارداتی	Determinate	محدود	5	2015
9	032-240-P1	Parto	پرتو	Mutation from Nekador	موتاسیون از رقم نکادر	Determinate	محدود	5	2016
10	2002	Tapoor	تپور	Sahar×JK	تلاقی	Determinate	محدود	5	2016

Reference: Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI)

منبع: موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته در هر دو سال از سایر ارقام متمایز بود (به‌ترتیب ۱۸۰/۰ و ۱۸۷/۷ سانتیمتر). ارقام پرتو و ساری کمترین ارتفاع بوته را در هر دو سال داشتند (به‌ترتیب ۹۵/۰ و ۹۸/۵ سانتیمتر). ارقام کتول، هیل و آرین بیشترین تعداد شاخه فرعی را در هر دو سال داشتند (به‌ترتیب ۴/۷، ۳/۷ و ۳/۵ شاخه فرعی). ارقام سحر، تپور و تلار بیشترین تعداد غلاف را در سال اول داشتند (به‌ترتیب ۸۳/۳، ۸۶/۶ و ۸۷/۰ غلاف)، اما در سال دوم بیشترین تعداد غلاف‌ها در ارقام آرین و پرتو مشاهده شد (به‌ترتیب ۱۱۸/۴ و ۱۵۴/۴ غلاف). وزن غلاف در سال اول در رقم تلار (۴۱/۰ گرم)، در سال دوم در رقم آرین (۵۲/۵ گرم) و برای هر دو سال در رقم کتول بالاترین مقدار را داشت (به‌ترتیب ۳۷/۰ و ۵۶/۴ گرم). اگرچه ارقام آرین، کتول و ساری بیشترین وزن پوسته غلاف‌ها را در سال اول داشتند (به‌ترتیب ۱۱/۳، ۱۲/۱ و ۱۰/۹ گرم)، اما در سال دوم رقم آرین بیشترین وزن پوسته غلاف‌ها را داشت (۱۹/۸ گرم). بیشترین تعداد دانه در غلاف در سال اول در رقم‌های هیل، نکادر و تلار (به‌ترتیب ۲/۲، ۲/۳ و ۲/۴ دانه) و در سال دوم برای ارقام هیل، کاسپین، نکادر، تپور و تلار مشاهده شد (به‌ترتیب ۲/۳، ۲/۳، ۲/۴، ۲/۴ و ۲/۵ دانه). بیشترین وزن ۱۰۰ دانه نیز در سال اول برای ارقام آرین، کتول و ساری بدست آمد (به‌ترتیب ۱۱/۳، ۱۲/۱ و ۱۰/۹ گرم) و در سال دوم ارقام آرین و کتول بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند (به ترتیب ۸/۵ و ۹/۸ گرم). رقم تلار با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین وزن غلاف، بیشترین عملکرد دانه را در سال اول (۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین وزن غلاف و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، بیشترین عملکرد دانه را در سال اول و دوم داشت (به‌ترتیب ۵۲۰۰ و ۷۶۸۸ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۲). این یافته‌ها با سایر گزارشات درخصوص ویژگی این ارقام نیز همخوانی دارد (Ghanbari *et al.*, 2019; Majidian *et al.*, 2019; Ghanbari *et al.*, 2018).

به‌نژادی برای صفات کمی مانند عملکرد می‌تواند در اثر گزینش صفات مورفولوژیک که همبستگی بالایی با عملکرد داشته و به راحتی قابل اندازه‌گیری باشند، افزایش یابد (Karyawati and Puspitaningrum, 2021). نتایج تجزیه همبستگی برای ارتباط عملکرد دانه با صفات رویشی نشان داد که عملکرد دانه در سال اول با تعداد شاخه فرعی ($r=۰/۵۰^{**}$) و برای سال دوم با تعداد شاخه فرعی و ارتفاع بوته (به‌ترتیب $۰/۴۳^{**}$ و $r=۰/۴۲^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳). درخصوص ارتباط عملکرد دانه با صفات رویشی در سویا نتایج متفاوتی گزارش شده است که در برخی از آنها ارتباط عملکرد دانه با ارتفاع بوته مثبت (Valencia-Ramirez1 *et al.*, 2012; Malik *et al.*, 2011; Ghanbari *et al.*, 2018; Bizeti *et al.*, 2004) در برخی منفی (Sedghi and Amanpour-Balaneji, 2010) و در برخی دیگر بدون ارتباط گزارش شده است (Karyawati and Puspitaningrum, 2021; Bisinotto *et al.*, 2017; Teodoro *et al.*, 2015;). برای تعداد شاخه نیز برخی این ارتباط را مثبت (Ghanbari *et al.*, 2018; Malik *et al.*, 2011)، برخی آن را منفی (Sulistyo and Sari, 2017) و برخی دیگر آن را بدون ارتباط گزارش کرده‌اند (Karyawati and Puspitaningrum, 2021; Teodoro *et al.*, 2015)

نتایج تجزیه همبستگی بین عملکرد با اجزای عملکرد نیز نشان داد که بجز تعداد دانه در غلاف و وزن دانه، در سایر صفات ارتباط معنی‌داری در هر دو سال وجود داشت. بین وزن دانه‌ها در سال اول با تعداد غلاف و وزن غلاف و در سال دوم با تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف، رابطه معکوسی مشاهده شد (جدول ۳). درخصوص ارتباط تعداد دانه و وزن دانه‌ها در سویا نتایج متفاوتی گزارش شده است. برخی این ارتباط را مثبت و معنی‌دار (Karyawati and Puspitaningrum, 2021) و برخی دیگر بدون ارتباط گزارش کرده‌اند (Bizeti *et al.*, 2004; Bisinotto *et al.*, 2017). به نظر می‌رسد که علت این موضوع برهمکنش ژنوتیپ و محیط باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام سویا

Table 2. Mean comparison of plant traits of soybean cultivars

			ارقام سویا Soybean cultivars									
Plant traits	صفات گیاهی	سال Year	آرین Arian	هیل Hill	کاسپین Caspian	کتول Katol	نکادر Nekador	پرتو Parto	سحر Sahar	ساری Sari	تپور Tapour	تلار Telar
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	2020 ۱۳۹۹	120.0c	115.0cd	130.0bc	180.0a	142.0b	93.3e	133.3bc	96.0de	113.3c-e	120.0c
		2021 ۱۴۰۰	126.6b	127.9b	121.0bc	187.7a	131.0b	96.6d	126.7b	101.1cd	123.7b	121.3bc
		Mean میانگین	123.3cd	121.4cd	125.5cd	183.8a	136.5b	95.0e	130.0bc	98.5e	118.5d	120.6cd
No. of branches	تعداد شاخه فرعی	2020 ۱۳۹۹	2.6ab	3.3a	1.0c	3.0ab	1.0c	2.0abc	1.6bc	2.6ab	2.0abc	3.0ab
		2021 ۱۴۰۰	4.4a	4.1ab	1.3d	4.5a	1.2d	3.5ab	1.7cd	3.1a-c	1.5d	2.6b-d
		Mean میانگین	3.5ab	3.7a	1.1d	3.7a	1.1d	2.7c	1.7d	2.8bc	1.7d	2.8bc
Seed.pod^{-1}	تعداد دانه در غلاف	2020 ۱۳۹۹	1.5e	2.2ab	2.0bc	1.9b-d	2.3ab	1.7c-e	1.7de	1.8c-e	1.9b-d	2.4a
		2021 ۱۴۰۰	1.9cd	2.3ab	2.3ab	2.3abc	2.4a	1.9d	2.2abc	2.1bcd	2.4a	2.5a
		Mean میانگین	1.7g	2.3bc	2.2cd	2.1de	2.3ab	1.8fg	1.9e-g	1.9ef	2.2b-d	2.5a
No. of pod. plant^{-1}	تعداد غلاف	2020 ۱۳۹۹	58.3a-c	44.0c	54.0bc	65.5a-c	52.6bc	52.3bc	83.3ab	65.3a-c	86.6a	87.0a
		2021 ۱۴۰۰	118.4ab	90.4bc	70.7bc	96.0bc	76.0bc	154.4a	81.8bc	89.1bc	67.4c	93.6bc
		Mean میانگین	88.3a-c	67.2cd	62.3d	80.7b-d	64.3d	103.3a	82.6a-d	77.2b-d	77.0b-d	90.3ab
Pod weight (g)	وزن غلاف	2020 ۱۳۹۹	25.0ab	26.3ab	28.0ab	37.0a	29.0ab	18.6b	35.0ab	32.9ab	32.6ab	41.0a
		2021 ۱۴۰۰	52.5ab	35.7abc	36.5abc	56.4a	42.2abc	45.6abc	35.0bc	39.7abc	29.1c	43.4abc
		Mean میانگین	38.7a-c	31.0c	32.2c	46.7a	35.6bc	32.1c	35.0bc	36.3bc	30.8c	42.2ab
Weight of pod shell (g)	وزن پوسته غلاف	2020 ۱۳۹۹	11.3a	9.3b	9.1b	12.1a	9.2b	7.0c	9.1b	10.9a	8.3bc	8.2bc
		2021 ۱۴۰۰	19.8a	13.7abc	13.1abc	18.0ab	15.6abc	19.1ab	12.7abc	12.1bc	10.0c	16.1abc
		Mean میانگین	13.9bc	10.2d	21.5a	14.5b	12.6b-d	12.8b-d	12.6b-d	10.3d	10.6cd	15.0b
100 seed weight (g)	وزن ۱۰۰ دانه	2020 ۱۳۹۹	11.3a	9.3b	9.1b	12.1a	9.2b	7.0c	9.1b	10.9a	8.3bc	8.2bc
		2021 ۱۴۰۰	8.5ab	6.6de	7.3b-d	9.8a	8.2bc	5.4e	7.0cd	8.1bc	6.3de	7.0cd
		Mean میانگین	19.9b	16.0de	16.4cd	22.0a	17.5c	12.5f	16.2cd	19.0b	14.7e	15.2de
Seed yield (kg. ha^{-1})	عملکرد دانه	2020 ۱۳۹۹	3400ab	3600ab	3800ab	5200a	3866ab	2400b	4533ab	4866a	4600ab	5400a
		2021 ۱۴۰۰	6534ab	4400b	4688b	7688a	5312ab	5312ab	4444b	5534ab	3822b	5466ab
		Mean میانگین	4966b-d	4000cd	4244b-d	6444a	4588b-d	3856d	4488b-d	5200abc	4212b-d	5434ab

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each row with similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه نشان داد که در سال اول به‌ترتیب وزن پوسته غلاف‌ها و ارتفاع بوته مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه بودند که ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در مراحل بعد برای وزن پوسته غلاف‌ها به‌ترتیب تعداد شاخه و وزن غلاف‌های پر و برای ارتفاع بوته به‌ترتیب تعداد دانه در غلاف و وزن دانه وارد مدل شدند (جدول ۴). در سال دوم نیز برای عملکرد دانه به‌ترتیب وزن غلاف‌های پر و ارتفاع بوته مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه شناخته شدند که ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. برای وزن غلاف‌های پر نیز به‌ترتیب تعداد شاخه فرعی، وزن دانه، تعداد دانه در غلاف و وزن پوسته غلاف‌ها وارد مدل شدند. برای ارتفاع بوته نیز به‌ترتیب وزن دانه و وزن غلاف وارد مدل شدند (جدول ۵). نتایج رگرسیون گام به گام نشان می‌دهد که وزن غلاف‌ها و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد شاخه فرعی از طریق اثر بر وزن غلاف بطور غیرمستقیم با عملکرد دانه سویا ارتباط دارند.

کارگر و همکاران (Kargar *et al.*, 2012)، گزارش کرده‌اند که ارتفاع بوته بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی داشت، در مقابل رضایی‌زاد و همکاران (Rezaii-Zad *et al*, 2001) با اجرای تجزیه رگرسیون گام به گام گزارش دادند که تعداد دانه، وزن دانه و تعداد دانه در غلاف، سه صفت مؤثر بر عملکرد دانه سویا بودند. برخی از محققان دیگر وزن دانه و شاخص برداشت (Ghanbari *et al.*, 2018)، برخی محتوی کلروفیل b و تعداد غلاف (Abedi *et al.*, 2019) و برخی دیگر تعداد غلاف (Kohkan *et al.*, 2014) را مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه در سویا گزارش کرده‌اند. به‌نظر می‌رسد که این تفاوت در نتایج به دلیل برهمکنش ژنوتیپ و محیط باشد.

روش تجزیه مسیر برای تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع تجزیه با هدف تعیین بهترین صفت کمکی برای انتخاب غیرمستقیم عملکرد دانه و به منظور اجتناب از اثرات نامطلوب چند خطی بودن انجام می‌شود (Karyawati and Puspitaningrum, 2021; Bizeti *et al.*, 2004).

نتایج تجزیه مسیر ترتیبی در سال اول نشان داد که وزن پوسته غلاف‌ها و پس از آن ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه ارقام سویا داشتند (به‌ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۳۵). وزن غلاف‌های پر و تعداد غلاف با اثر بر وزن پوسته غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف و وزن دانه با اثر بر ارتفاع بوته، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه ارقام سویا داشتند. در مقابل ارتفاع بوته ارتباط معکوسی با وزن پوسته غلاف‌ها نشان داد (۰/۳۱-) (شکل ۱). در سال دوم، وزن غلاف‌های پر و پس از آن ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (به‌ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۲۳). تعداد غلاف‌ها و وزن دانه با اثر بر وزن غلاف‌ها و وزن دانه با اثر بر ارتفاع بوته، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه داشتند. همانند سال اول، تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف اثرات معکوسی بر وزن دانه‌ها داشتند (شکل ۲). نتایج تجزیه مسیر ترتیبی برای دو سال نشان داد که وزن غلاف‌ها و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد غلاف‌ها با اثر بر وزن غلاف‌ها بطور غیر مستقیم، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه ارقام سویا داشتند (جدول‌های ۶ و ۷).

در یک آزمایش روی سه رقم سویای رشدمحدود و سه رقم رشد نامحدود گزارش شد که در ارقام رشد محدود تعداد غلاف‌ها و تعداد شاخه‌های فرعی و در ارقام رشد نامحدود علاوه بر تعداد غلاف و تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته، اثرات مثبتی بر عملکرد دانه داشتند (Teodoro *et al.*, 2015). در واقع اثر غیرمستقیم تعداد شاخه‌های فرعی بر عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد غلاف‌ها بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه انتخاب بوته‌هایی با ارتفاع بلندتر می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی ارقام سویای رشدمحدود مورد توجه قرار گیرد، اما مستقل از عادت

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات در ارقام سویا

Table 3. Simple correlation coefficients traits in soybean cultivars

Plant traits	صفات گیاهی	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی No. of branches	تعداد دانه در غلاف $Seed.pod^{-1}$	تعداد غلاف $No. of pod.plant^{-1}$	وزن غلاف Pod weight	وزن پوسته غلاف‌ها Weight of pod shell	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield
Plant height	ارتفاع بوته	1	0.05	0.12	-0.1	0.26	0.15	0.40**	0.42**
No. of branches	تعداد شاخه فرعی	-0.23	1	-0.02	0.51**	0.50**	0.14	-0.05	0.43**
$Seed.pod^{-1}$	تعداد دانه در غلاف	0.42*	-0.29	1	-0.09	0.15	0.02	-0.28*	0.19
$No. of pod. plant^{-1}$	تعداد غلاف	-0.32	0.52**	0.01	1	0.73**	0.50**	-0.42**	0.56**
Pod weight	وزن غلاف	-0.21	0.46**	0.06	0.77**	1	0.59**	-0.03	0.81**
Weight of pod shell	وزن پوسته غلاف	-0.34	0.47**	0.05	0.95**	0.82**	1	-0.14	0.45**
100 seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	*0.38	0.01	-0.12	-0.43*	-0.21*	-0.41**	1	0.05
Seed yield	عملکرد دانه	0.04	0.50**	0.35	0.74**	0.73**	0.79**	-0.35	1

* and **: Significant at 1% and 5% probability levels, respectively

Correlation coefficients below the diameter are for the first year and above the diameter are for the second year

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ضرایب همبستگی پائین قطربرای سال اول و بالای قطر برای سال دوم هستند

جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات گیاهی ارقام سویا (۱۳۹۹)

Table 4. Results of stepwise regression analysis of plant traits of soybean cultivars (2020)

		ترتیب وارد شدن به مدل The order of entry into the model	صفات گیاهی Plant traits	ضریب رگرسیون Regression coefficient	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R^2	ضریب تبیین تجمعی استاندارد شده Standardized cumulative R^2
Seed yield	عملکرد دانه	1	وزن پوسته غلاف Weight of pod shell	0.78	0.61	0.60
		2	ارتفاع بوته Plant height	0.85	0.72	0.70
Weight of pod shell	وزن پوسته غلاف‌ها	1	تعداد شاخه فرعی No. of branches	0.95	0.90	0.90
		2	وزن غلاف (پر) Pod weight	0.96	0.92	0.91
Plant height	ارتفاع بوته	1	تعداد دانه در غلاف $Seed.pod^{-1}$	0.41	0.17	0.14
		2	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	0.59	0.35	0.35

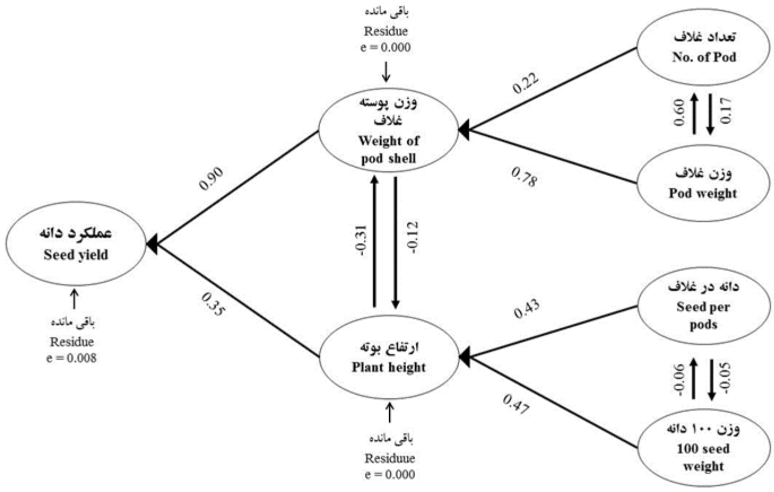
جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات گیاهی ارقام سویا (۱۴۰۰)

Table 5. Results of stepwise regression analysis of plant traits of soybean cultivars (2021)

		ترتیب وارد شدن به مدل The order of entryinto the model	صفات گیاهی Plant traits	ضریب رگرسیون Regression coefficient	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R^2	ضریب تبیین تجمعی استاندارد شده Standardized cumulative R^2
Seed yield	عملکرد دانه	1	وزن غلاف Pod weight	0.81	0.66	0.65
		2	ارتفاع بوته Plant height	0.84	0.71	0.70
Pod weight	وزن غلاف	1	تعداد شاخه فرعی No. of branches	0.73	0.53	0.53
		2	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	0.80	0.64	0.63
		3	تعداد دانه در غلاف Seed.pod^{-1}	0.82	0.68	0.66
		4	وزن پوسته غلاف Weight of pod shell	0.87	0.76	0.75
Plant height	ارتفاع بوته	1	وزن ۱۰۰ دانه 100 Seed weight	0.40	0.16	0.14
		2	وزن غلاف Pods weight	0.48	0.23	0.21

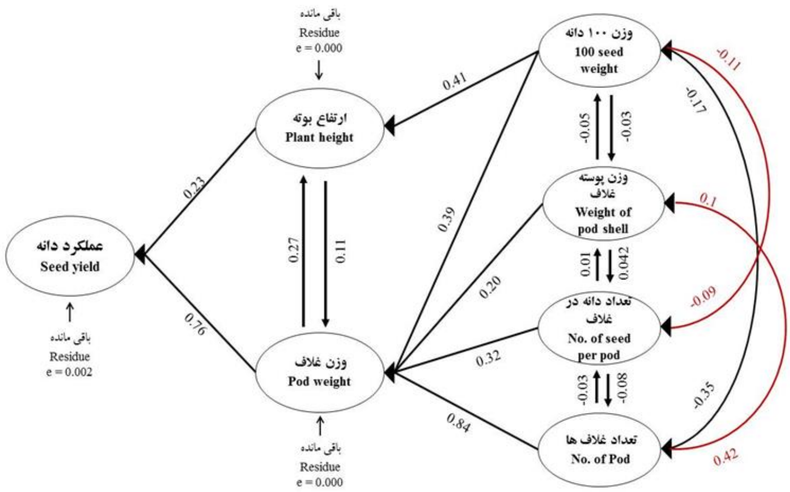
رشـدی، انتخـاب مـی‌توانـد بطـور مسـتقیم بـرای ژنوتیپ‌هایی با تعداد غلاف بیشتر انجام شود. سولیستیو و همکاران (Sulistyo *et al.*, 2017) نیـز گـزارش دادنـد که طول دوره گلدهی و ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبتی بـر عملکرد سویا دارد. در یک آزمـایش دیگـر بـا ارزیـابی خصوصـیات مورفولوژیـک ۱۴۱ لایـن اصـلاحی و سـه رقم شاهد گزارش شد که تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین شـاخص‌هـای گزینشـی در برنامه‌های به‌نـژادی بـرای بهبـود عملکـرد دانـه سـویا مورد استفاده قرار گیرند (Kohkan *et al.*, 2014).

نتایج این تحقیق نشـان داد کـه بـین وزن ۱۰۰ دانـه بـا تعداد دانه در غلاف‌ها و تعداد غلاف‌ها ارتباط معکوسـی وجود دارد (شکل ۱ و ۲). با توجه به اینکه ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبتی بر وزن دانه داشته و همچنین وزن غـلاف‌هـا اثر مستقیم بالایی بر عملکرد دانه داشتند، بنـابراین بـه نظـر مـی‌رسـد کـه ارتفـاع بوتـه از طریـق وزن دانـه‌هـا و وزن غلاف‌ها از طریق تعداد غلاف‌ها و تعداد دانـه در غـلاف، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه ارقام سویا دارند.



شکل ۱- تجزیه مسیر ترتیبی اثر صفات مورفولوژیک بر عملکرد دانه ارقام سویا (۱۳۹۹)

Fig. 1. Sequential path analysis of effect of morphological traits on seed yield of soybean cultivars (2020)



شکل ۲- تجزیه مسیر ترتیبی اثر صفات مورفولوژیک بر عملکرد دانه ارقام سویا (۱۴۰۰)

Fig. 2. Sequential path analysis of effect of morphological traits on seed yield of soybean cultivars (2021)

جدول ۶- اثر مستقیم متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته در ارقام سویا (۱۳۹۹)

Table 6. Direct effects of independent variables on dependent variables of soybean cultivars (2020)

Dependent variables	متغیرهای وابسته	Independent variables	متغیرهای مستقل	اثر مستقیم Direct effect	ضریب همبستگی Correlation coefficient
Seed yield	عملکرد دانه	Weight of pod shell	وزن پوسته غلاف	0.90	0.79
		Plant height	ارتفاع بوته	0.35	0.04
Weight of pod shell	وزن پوسته غلاف	No. of pod.plant^{-1}	تعداد غلاف	0.78	0.95
		Pod weight	وزن غلاف	0.22	0.82
Plant height	ارتفاع بوته	Seed.pod^{-1}	تعداد دانه در غلاف	0.47	0.42
		100 seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	0.43	0.38

جدول ۷- اثر مستقیم متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته در ارقام سویا (۱۴۰۰)

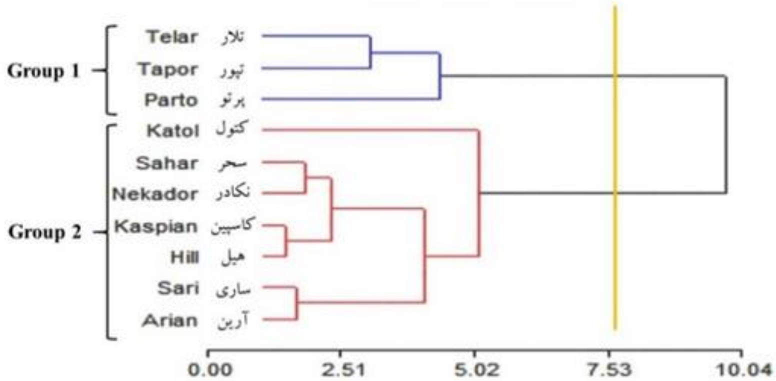
Table 7. Direct effects of independent variables on dependent variables of soybean cultivars (2021)

متغیرهای وابسته Dependent variables		متغیرهای مستقل Independent variables		اثر مستقیم Direct effect	ضریب همبستگی Correlation coefficient
Seed yield	عملکرد دانه	Pod weight	وزن غلاف	0.76	0.81
		Plant height	ارتفاع بوته	0.23	0.42
Pod weight	وزن غلاف	No. of pod.plant^{-1}	تعداد غلاف	0.84	0.73
		Plant height	ارتفاع بوته	0.11	0.26
		Seed weight	وزن دانه	0.39	-0.03
		Weight of pod shell	وزن پوسته غلاف	0.20	0.59
		Seed.pod^{-1}	تعداد دانه در غلاف	0.32	0.15
Plant height	ارتفاع بوته	Pod weight	وزن غلاف	0.27	0.26
		Pod weight	وزن غلاف	0.41	0.40

علیرغم اینکه گزارش شده است وزن ۱۰۰ دانه سهم بالایی در عملکرد دانه سویا دارد (Jadeja *et al.*, 2016; Karyawati and Puspitaningrum, 2021)، اما بیزتی و همکاران (Bizeti *et al.*, 2004)، با ارزیابی ژنوتیپ‌های با اندازه بذر مختلف دریافتند که عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری با وزن دانه ندارد. برخی از محققان دیگر نیز بین وزن دانه با تعداد غلاف و یا تعداد دانه در سویا ارتباط معکوسی گزارش کرده‌اند (Valencia-Ramirez and Ligarreto-Moreno, 2012; Sedghi and Amanpour-Balaneji, 2010; Teodoro *et al.*, 2015). نتایج یک آزمایش نشان داد که تیمار بوته‌های سویا با اسید آمینه اگرچه باعث افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه‌ها شد، اما وزن دانه‌ها کاهش یافت (Dadashi, *et al.*, 2020). با توجه به نتایج این تحقیق و سایر گزارشات به‌نظر می‌رسد که با افزایش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه‌ها، مواد فتوسنتزی کمتری در اختیار دانه‌ها قرار گرفته و در نتیجه وزن دانه‌ها کاهش خواهد یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر اصلاح برای اجزای عملکرد، اصلاح ظرفیت فتوسنتزی نیز می‌تواند در جهت افزایش عملکرد دانه مورد توجه قرار داده شود.

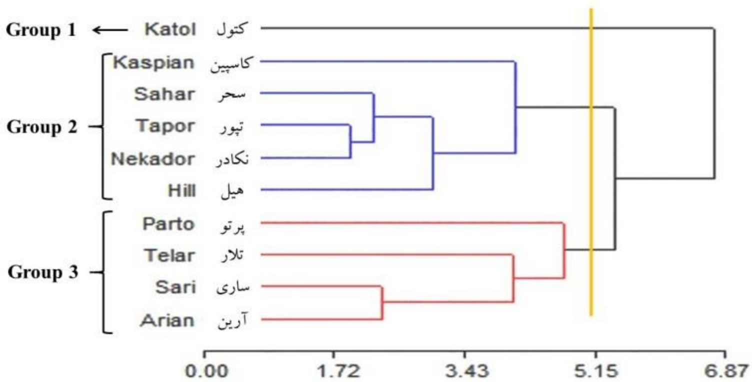
بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در سال اول، ارقام سویا به دو گروه تقسیم شدند (شکل ۳). رقم تلار، تپور و پرتو با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین وزن غلاف‌ها و بالاترین عملکرد دانه در گروه اول و سایر ارقام با بیشترین ارتفاع بوته و کمترین وزن دانه در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۸). در سال دوم ارقام سویا به سه گروه تقسیم شدند (شکل ۴). رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین وزن غلاف، بیشترین وزن دانه و بالاترین عملکرد دانه در گروه اول قرار گرفت. ارقام کاسپین، تپور، سحر، نکادر و هیل نیز با کمترین تعداد شاخه فرعی و کمترین عملکرد دانه در گروه دوم و ارقام پرتو، تلار، ساری و

آرین با بیشترین تعداد غلاف و کمترین تعداد دانه در غلاف در گروه سوم قرار گرفتند (جدول ۹). اگرچه بر اساس ضرایب فاصله‌ای اقلیدسی سال اول و دوم، ارقام پرتو و کتول با بیشترین اختلاف برای ارتفاع بوته بیشترین فاصله را داشتند (جدول ۱۰)، اما ارقام تلار و پرتو برای پاکوتاهی و تعداد بالای غلاف، رقم کتول برای پابلندی و وزن بالای دانه‌ها و رقم تپور برای تعداد بالای دانه در غلاف، با کمترین تغییرات، پایداری مناسبی داشتند که می‌توان از آنها در برنامه‌های به‌نژادی سویا استفاده کرد (جدول‌های ۸ و ۹).



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای ارقام سویا براساس الگوریتم خوشه بندی Ward و ضریب فاصله اقلیدسی (۱۳۹۹)

Fig. 3. Cluster analysis of soybean cultivars based on Ward's clustering algorithm and Euclidean (2020)



شکل ۴- تجزیه خوشه‌ای ارقام سویا براساس الگوریتم خوشه بندی Ward و ضریب فاصله اقلیدسی (۱۴۰۰)

Fig. 4. Cluster analysis of soybean cultivars based on Ward's clustering algorithm and Euclidean (2021)

نتایج یک تحقیق درخصوص مقایسه صفات مورفولوژیک ۱۴۱ لاین با سه رقم شاهد سویا نیز نشان داد که رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته و بیشترین وزن دانه، بالاترین عملکرد دانه را داشت (Kohkan *et al.*, 2014). با توجه به این نتایج می‌توان استنباط کرد که رقم کتول می‌تواند به عنوان والد اصلاحی مطلوب در به‌نژادی عملکرد دانه سویا مورد توجه قرار داده شود.

جدول ۸- گروه‌بندی ارقام سویا بر اساس میانگین صفات گیاهی (۱۳۹۹)

Table 8. Grouping of soybean cultivars based on mean of plant traits (2020)

گروه Group	ارقام سویا Soybean culrivars	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of branches	تعداد دانه در غلاف Seed.pod^{-1}	تعداد غلاف No. of pod.plant^{-1}	وزن غلاف Pod weight (g)	وزن پوسته غلاف Weight of pod shell (g)	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})
1	Telar تلار Tapour تپور Parto پرتو	86.1	2.3	2.2	111.7	37.9	16.1	7.1	2422
2	Katol کتول Sahar سحر Nekador نکادر Caspian کاسپین Hill هیل Sari ساری Arian آرین	102.4	1.6	2.0	47.4	23.6	7.6	8.4	1523
Mean میانگین		94.3	1.9	2.1	79.6	30.7	11.9	7.7	1973

جدول ۹- گروه‌بندی ارقام سویا بر اساس میانگین صفات گیاهی (۱۴۰۰)

Table 9. Grouping of soybean cultivars based on mean of plant traits (2021)

گروه Group	ارقام سویا Soybean culrivars	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of branches	تعداد دانه در غلاف Seed.pod^{-1}	تعداد غلاف No. of pod.plant^{-1}	وزن غلاف Pod weight (g)	وزن غلاف Weight of pod shell (g)	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})
1	Katol کتول	183.5	3.5	2.1	81.1	46.7	14.5	11.0	3294
2	Caspian کاسپین Tapour تپور Sahar سحر Nekador نکادر Hill هیل	126.2	1.7	2.2	69.7	32.9	13.5	8.0	2127
3	Parto پرتو Telar تلار Sari ساری Arian آرین	110.4	3.1	2.0	89.5	37.3	13.0	8.3	2367
Mean	میانگین	140.0	2.8	2.1	80.1	39.0	13.6	9.1	2596

جدول ۱۰- ماتریس ژنتیکی ارقام سویا بر اساس ضریب فاصله اقلیدسی

Table 10. Genetic matrix of soybean cultivars based on Euclidean distance coefficient

ارقام سویا Soybean cultivars		آرین Arian	هیل Hill	کاسپین Caspian	کتول Katol	نکادر Nekador	پرتو Parto	سحر Sahar	ساری Sari	تپور Tapor	تلار Telar
Arian	آرین	0	3.81	4.36	3.96	3.86	3.92	2.87	2.36	3.95	3.77
Hill	هیل	3.76	0	4.13	5.78	2.67	4.38	3.4	3.27	2.07	3.76
Caspian	کاسپین	3.20	1.45	0	5.83	2.9	5.26	3.34	4.34	3.51	4.11
Katol	کتول	4.43	4.38	3.66	0	4.97	7.04	4.81	4.74	6.11	4.37
Nekador	نکادر	3.08	2.54	1.57	3.22	0	4.96	2.22	3.05	1.92	3.2
Parto	پرتو	5.37	6.56	6.61	6.72	6.11	0	3.5	4.28	3.67	4.5
Sahar	سحر	3.07	1.99	1.79	3.59	1.82	5.09	0	2.48	2.11	3.26
Sari	ساری	1.66	2.25	1.94	4.18	2.07	5.35	1.82	0	3.07	3.51
Tapor	تپور	4.97	5.22	4.93	5.38	4.15	3.24	3.67	4.41	0	3.71
Telar	تلار	4.64	3.7	3.72	3.88	2.88	4.84	2.52	3.61	3.07	0

ضرایب پائین قطر برای سال اول و بالای قطر برای سال دوم هستند

Coefficients below the diameter are for the first year and above the diameter are for the second year

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر سال به‌جز برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی برای صفات زایشی معنی‌دار بود. بین ارقام سویا تفاوت معنی‌داری برای صفات رویشی و زایشی مشاهده شد. این موضوع نشان می‌دهد که بین ارقام زراعی سویای داخلی تنوع قابل ملاحظه‌ای برای صفات مورفولوژیک وجود دارد. رقم تلار با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین وزن غلاف‌ها، بیشترین عملکرد را در سال اول و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین وزن غلاف‌ها و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم داشتند.

براساس نتایج تجزیه‌های چند متغیره وزن غلاف‌ها و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد غلاف با اثر مستقیم بر وزن غلاف و همچنین وزن ۱۰۰ دانه با اثر مستقیم بر ارتفاع بوته، بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه داشتند. بین تعداد غلاف با وزن دانه ارتباط معکوسی وجود داشت. نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز نشان داد که اگرچه ارقام کتول و پرتو با بیشترین اختلاف برای ارتفاع بوته، بیشترین فاصله را برای هر دو سال آزمایش داشتند، اما ارقام تلار و پرتو برای پاکوتاهی و تعداد بالای غلاف، رقم کتول برای پابلندی و وزن بالای دانه و رقم تپور برای تعداد بالای دانه در غلاف از سایر ارقام متمایز بودند.

با توجه به نتایج این تحقیق با توجه به اینکه وزن غلاف‌ها، ارتفاع بوته، تعداد غلاف‌ها و وزن دانه آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه دارند، ارقام پرتو و تلار با بیشترین تعداد غلاف و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته و بیشترین وزن دانه می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی سویا جهت افزایش عملکرد دانه مورد توجه قرار داده شوند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (SANRU) و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی تبرستان (GABIT) جهت همکاری و تامین منابع مالی این پژوهش اعلام می‌دارند.

منابع مورد استفاده

References

Abedi, Z., Najafi Zarrini, H., Emadi, S. M. and Bagheri, N. 2019. Evaluation of relationship between agronomical and physiological traits of soybean and grouping of soybean genotypes under different amount of sulfur application. *Journal of Crop Breeding*, 11(29), pp.134-142. [In Persian] https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.134

Aondover, S., Lekan, B. L. and Terkimbi, V. 2013. Correlation, path coefficient and principal component analysis of seed yield in soybean genotypes. *International Journal of Advanced Research*, 1(7), pp.1-5.

Ascencio-Luciano, G., Maldonado-Moreno, N., Garcia-Olivares, J. G. and Gill-Langarica, H. R. 2013. AMMI and sequential path analyses of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] experimental lines in a breeding program in the Mexican tropics. *Australian Journal of Crop Science*, 7(11), pp.1772-1779.

Balla, M. Y. and Ibrahim, S.E. 2017. Genotypic correlation and path coefficient analysis of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] for yield and its components. *Agricultural Research and Technology*, 7(3), pp.1-5. https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2017.07.555715

Bisinotto, F. F., Hamawaki, O. T., Nogueira, A. P. O., Hamawaki, R. L., Glansenapp, J. S. and Hamawaki,

C.L. 2017. Path analysis and traits correlation in soybean. *Communications in Plant Sciences*, 7(1/2), pp.27-33. https://doi.org/10.26814/cps2017005

Bizeti, H. S., Carvalho, C. G., Souza, J. R. and Destro, D. 2004. Path analysis under multicollinearity in soybean. *Brazilian Archives for Biology and Technology,* 47(5), pp.669-676. https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000500001

Boelt, B. and Gislum, R. 2010. Seed yield components and their potential interaction in grasses to what extend does seed weight influence yield?. Proceedings of the 7th International Herbage Seed Conference, 11–13 April 2010. Dallas TX. USA.

Dadashi, M. R., Najafi Kanbehbin, H., Faraji, A. and Soltani, A. 2020. Effect of time and intensity of defoliation on quantitative and qualitative characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under the consumption of amino acids condition. *Journal of Crop Production,* 13(2), pp.17-36. [In Persian]. https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.15797.2175

Dewey, D. R. and Lu, K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*, 51, pp.515–518. https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100090002x

Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. A. and Mahdinezhad, N. 2019. Relationship between yield and its Component in soybean genotypes (*Glycine Max* L.) using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding,* 11(29), pp.85-92. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.85

Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. A. and Mahdinezhad, N. 2018. Assessment of yield and yield component of soybean genotypes (*Glycine max* L.) in north of Khuzestan. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21, pp.435-441. https://doi.org/10.1007/s12892-018-0023-0.

Jadeja J. M., Patel, D. A., Parmar, H. K. and Sisara, H. C. 2016. Assessment of genetic variability, correlation and path analysis for yield and its component in soybean. *The Bioscan*, 11(2), pp.965-969.

Kargar, S. M. A., Mostafaei, A., Majidi Heravan, E. and Poordad, S. 2012. Evaluation of correlation and path analysis on traits of soybean genotypes under water deficit stress. *Crop Production in Environmental Stress,* 4(2), pp.31-45. [In Persian].

Karyawati, A. S. and Puspitaningrum, E. S V. 2021. Correlation and path analysis for agronomic traits contributing to yield in 30 genotypes of soybean. *Biodiversity Journal*, 22(3), pp. 1146-1151. https://doi.org/10.13057/biodiv/d220309

Kohkan, H., Mohammadi, A., Alishah, O. and Hezarjaribi, E. 2014. Study on relationships among yield and some agronomic traits using path coefficient analysis in pure lines soybean. *Agronomy Journal*, 104, pp.29-36. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/aj.2015.105673

Mahbub, M. and Shirazy, B. J. 2016. Evaluation of genetic diversity in different genotypes of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *American Journal of Plant Biology*, 1(1), pp.24-29. https://doi.org/10.11648/j.ajpb.20160101.14

Majidian, P., Masoudi, B. and Sadeghi, G. H. 2019. Preliminary evaluation of imported cultivars and pure

lines of soybean (*Glycine Max* L.) based on agronomic traits and resistance to Phytophthora rot. *Journal of Crop Breeding*, pp.98-107. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/jcb.11.30.98

Malik, M. F. A., Ashraf, M., Qureshi, A. S. and Khan, M. R. 2011. Investigation and comparison of some morphological traits of the soybean populations using cluster analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 43(2), pp.1249-1255.

Moosavi, S. S., Mirhadi, S. M. J., Imani, A. A., Khaneghah, A. M. and Moghanlou, B. S. 2011. Study of effect of planting date on vegetative traits, reproductive traits and grain yield of soybean cultivars in cold region of Ardabil (Iran). *African Journal of Agricultural Research*, 6(21), pp.4879-4883. https://www.academicjournals.org/AJAR

Razmi, N., Iran Nejad, J., Khanzadeh, H. and Soheili Mogaddam, B. 2013. The effects of different irrigation regimes on the morphological and physiological characteristics of three soybean cultivars (*Glycine max*). *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(25), pp.57-70. [In Persian].

Rezaii-Zad, E., Yazdi Samadi, B., Ahmadi, M. R. and Zainali, H. 2001. Assessment the relationship between grain yield and component in soybean by path analysis. *Journal of Scince and Technology of Agriculture and Natural Resources,* 5(3), pp.107-114. [In Persian]. https://jstnar.iut.ac.ir/article-1-68-fa.html

Sedghi, M. and Amanpour-Balaneji, B. 2010. Sequential path model for grain yield in soybean. *Notulae Scientia Biologicae,* 2(3), pp.104-109. https://www.notulaebiologicae.ro

Sulistyo, A. and Sari, K. P. 2018. Correlation, path analysis and heritability estimation for agronomic traits contribute to yield on soybean. *Earth and Environmental Science,* 102: 012034. https://doi.org/10.1088/1755- 1315/102/1/012034

Teodoro, P. E., Ribeiro, L. P., Correa, C. C. G., dL. Junior, R. A. A., dS. Zanuncio, A., Capristo, D. P. and Torres, F. E. 2015. Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. *Bioscience Journal*, 31(3), pp.794-799. https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-26094

Valencia-Ramirez, R. A. and Ligarreto-Moreno, G. A. 2012. Phenotypic correlation and path analysis for yield in soybean (*Glycine max* (L.) Merril). *Acta agronomica*, 61(4), pp.353-363.